

基礎量子科学技術研究がドライブする量子未踏領域の開拓

量子未踏領域の開拓と基礎量子科学の学理深化を両輪として、量子未来社会ビジョンの実現に資する研究開発を推進

趣旨

- 量子技術が社会全体に浸透した「量子未来社会ビジョン」の実現のためには、既存の重点分野にとどまらず**将来の量子技術を拓く新たな研究領域を開拓**し、飛躍的な技術革新を実現することが重要。
- 本戦略目標では、こうした**量子未踏領域の開拓**と**基礎量子科学の深化**を両輪として、社会変革につながる量子トランスフォーメーションを推進する。

本戦略目標では、「量子未踏領域」を

新たな量子技術と社会像の創成に寄与し、解決可能性が見えつつある重要領域

「基礎量子科学」を

学理の深化が不可欠で、挑戦的だが探求可能性が現実的な学術テーマ

GOAL 達成目標

- 基礎量子科学技術の深化を礎とした量子未踏領域の開拓に向け、以下の達成を目指す。

量子未踏領域の開拓

方法革新型

量子通信・制御にかかる革新的技術の創出

方法革新型

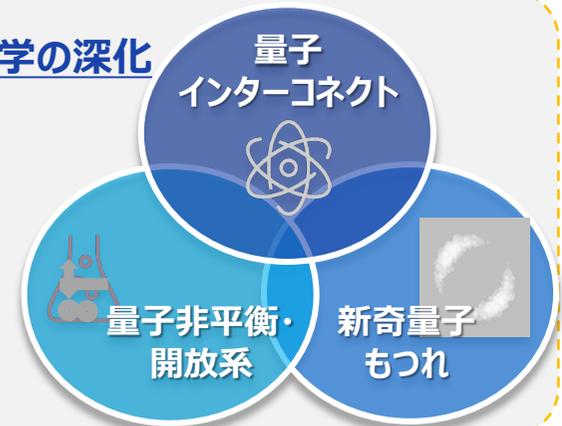
古典物理限界を超える量子計測・イメージング技術の開拓

学理深化型

量子生命科学領域の創成による生命現象における量子性の理解



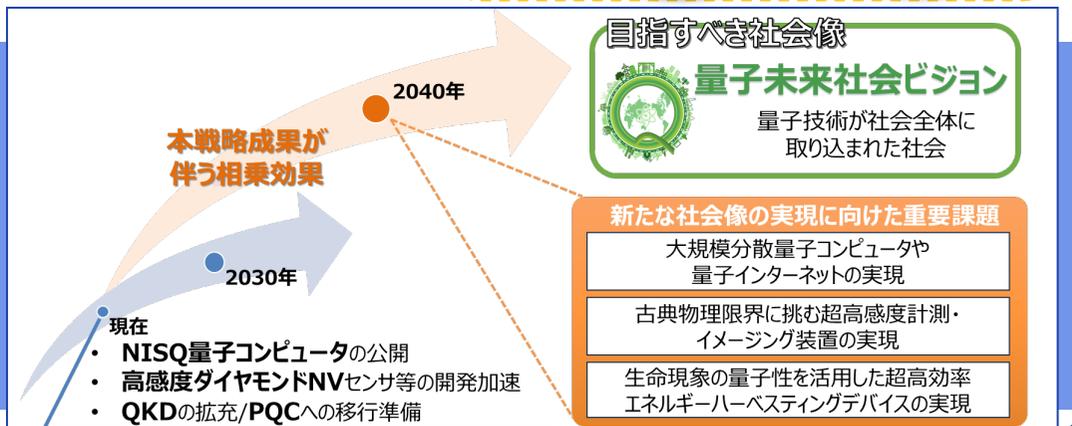
基礎量子科学の深化



とする。

将来像

- 方法革新型研究の成果による大規模分散量子コンピューティング基盤の構築や量子インターネットの実現、超高感度計測・イメージング装置の実現、また、学理深化型研究の成果による超高効率エネルギーハーベスティングデバイスの実現が期待される。
- これら重要課題の達成により、「量子未来社会ビジョン」実現への**貢献が期待される**。



令和 8 年度戦略目標

1. 目標名

基礎量子科学技術研究がドライブする量子未踏領域の開拓

2. 概要

我が国は量子技術が取り込まれた社会の実現に向け、量子重点技術分野の非連続な革新を多角的に進めている。しかし目指すべき将来像と現時点で到達可能な技術水準との間には依然大きな隔りがある。本戦略目標は、量子未踏領域（新たな量子技術と社会像の創成に寄与し、解決可能性が見えつつある重要領域）を主軸に、その領域を切り拓く基礎量子科学（学理深化が不可欠で挑戦的だが探求可能性が現実的な学術テーマ）を広く取り込み、両者の連関により量子トランスフォーメーションを加速する。具体的には量子通信・制御の革新的技術の創出、古典限界を超える量子計測・イメージング技術の開拓、量子生命科学による生命現象の量子的理解を目指す。

3. 趣旨

現在、各国が量子技術の研究開発および社会実装に向けて競争を激化させる中、我が国は量子技術が社会全体に取り込まれた「量子未来社会ビジョン」の実現を目指している。このビジョンを実現するためには、量子コンピューティング、量子センシング、量子通信、量子マテリアルという 4 つの量子重点技術分野において、非連続な技術革新を有機的かつ多角的に達成し、量子技術による社会変革を実現することが求められる。しかし、量子未来社会ビジョンに必要とされる技術水準と、現時点で到達が見込まれる技術水準の間には依然として大きな隔りが存在する。既存の学理に基づく漸進的な技術成熟だけでは、この隔りを埋めることは困難であり、抜本的な研究開発の強化が不可欠である。

特に重要な技術や分野として、以下の 3 点が挙げられる。第一に、分散量子コンピュータや量子インターネットの確立である。これらは量子資源を結合し、社会全体で共有・活用するための中核的基盤であるが、量子メモリ、ネットワークプロトコル、量子中継、スケーラブルなハードウェアなど、多くの要素技術において未解決の課題が残されている。第二に、量子センシング技術の本格的な社会実装に向け、古典的物理限界を超える新たな計測手法を確立することである。これにより、医療、材料、環境など多様な分野で革新的な価値創出が期待される。第三に、将来の医療・創薬・バイオ分野の飛躍的発展が期待される量子生命科学分野の確立である。量子関連技術の急速な革新が進む現在だからこそ、生命現象を量子論的視点から解明する学理を追及し、新たな領域を創造できる可能性がある。

これらの確立において鍵となるのは量子系の精緻な理解と、その高度な応用である。この観点から、本戦略目標では、新たな量子技術や社会像の創成に資する、現在、解決の可能性が見出されつつある技術領域を「量子未踏領域」と定義する。現時点では既存の量子重点技術領域に含

まれていない萌芽的な量子技術領域の研究開拓はもちろん、4つの量子重点技術分野を再構築し得る研究も本領域の対象となる。これらの量子未踏領域の研究開拓を推進することで、量子技術が社会全体に取り込まれた未来の実現に向けて、有機的かつ多角的なブレイクスルーの創出に寄与することが期待される。

量子未踏領域の開拓には、技術革新を支える学理の深化が欠かせない。量子未踏領域の開拓を推進する両輪として追求すべき基礎量子科学としては、量子インターコネクト、量子非平衡・開放系、新奇量子もつれに関する基礎研究が挙げられる。これらは、現在進行中の研究プロジェクト等によって、学理探求が現実的なテーマとして浮上してきたものである。量子未踏領域と基礎量子科学研究を組み合わせることで、量子技術が社会に深く取り込まれた未来社会の実現に向けた「量子トランスフォーメーション」を目指す。

4. 達成目標

本戦略目標では、近年学理探求が可能となりつつある基礎量子科学技術の深化を礎とした研究推進により、量子技術が社会に深く取り込まれた未来社会と現時点との隔たりを埋めるとともに新たな量子技術や社会像の創成に資する量子未踏領域の開拓を目指す。具体的には、以下の達成を目指す。

(1) 量子通信・制御にかかる革新的技術の創出

分散量子コンピュータや量子インターネットの確立を目指し、量子メモリ、ネットワークプロトコル、量子中継、スケーラブルなハードウェアなどの量子通信、制御に関わる研究を推進する。

(2) 古典物理限界を超える量子計測・イメージング技術の開拓

量子干渉・量子もつれなどの量子現象を活用して、従来の物理限界を超える高感度・高分解能計測イメージングを可能にする研究を推進する。

(3) 量子生命科学領域の創成による生命現象における量子性の理解

生命現象における量子効果（量子トンネル効果、量子もつれ、量子コヒーレンスなど）との関わりを解明、応用する研究を推進し、新たな学理構築を目指す。

本戦略目標では、量子未踏領域の開拓という目標達成に向けて研究を推進する。未踏な学術領域を切り拓くためには、研究の意義を示す「学理」の部分と、その実現方法を示す「方法論」が明確である必要がある。上記の(1)と(2)は、「学理」の部分（「なぜ量子で通信ができるのか」等）が明確に位置づけられている。一方、それを実現する「方法論」が課題である（方法革新型研究）。また、(3)では「学理」に対応する具体的課題（「生命現象に量子性はどのように関わっているのか」等）を、研究推進のプロセスを通じて解明することを目指している（学理深化型研究）。したがって、本戦略目標では「学理」と「方法論」を追求する基礎研究推進が重要であると捉え、その解明に必要な基礎量子科学を中心に研究を進める。以下に、本戦略目標策定時点で特に重要と考えられた基礎量子科学の3つの研究テーマを示す。ただし、これらはあくまで当初設定の例であり、研究の進展に伴い新たに発見されるテーマについても、柔軟に取り入れな

がら研究領域を拡張していく。

①量子インターコネクト

異種量子系間の相互作用・雑音起源など、基礎物理の未解明課題を解決し、その活用範囲を広げることは量子未踏領域の開拓範囲を広げる事にも相当すると考えられる。

②量子非平衡・開放系

環境との相互作用により生じる非平衡・開放系の物理的原理を解明し、その制御手法を確立することで、量子技術の適用可能性を大きく拡張できる可能性がある。

③新奇量子もつれ

新奇量子もつれとは、その一例として、複数の量子系が関与するマルチパーティット量子もつれなど、従来の二体もつれでは記述できない新しい形態の量子もつれを指す。このような多体系における新奇量子もつれの構造や生成メカニズムを解明することで、量子技術の基盤が拡張される。これにより、量子通信や量子計算における安定性・制御性の課題克服につながる可能性がある。

5. 見据えるべき将来の社会像

4. 「達成目標」の実現を通じ、あらゆる地点間で量子通信を可能にする量子インターネットや大規模分散量子コンピューティングの実現が期待される。量子インターネットは、量子鍵配送 (QKD) による究極のセキュリティ基盤を提供するだけでなく、分散量子計算を通じて大規模な量子計算インフラを構築する基盤ともなる。さらに、量子計測・センシング・イメージング技術の深化によって古典的物理限界を突破することは、脳活動の可視化など医療分野に大きな革新をもたらすだけでなく、極微弱な信号を高感度で捉える量子計測の特性を活かし、地球内部や宇宙現象の観測、通信技術、材料科学にも新たな展開をもたらす。また、生命活動における量子性の理解は、光合成メカニズムの根本的理解など生命の効率的な営みの解明を進展させ、エナジーハーベスティングなど高度な省エネルギー社会の実現に寄与する。

6. 参考

6-1. 国内外の研究動向

量子技術は、経済・社会・安全保障を横断する「基盤インフラ技術」として各国が国家戦略レベルで位置づけており、量子コンピュータだけでなく、量子通信、量子センシング、また人材育成・産業基盤整備まで含んだ「エコシステム」として研究開発投資が活発化している。

(国内動向)

科学技術振興機構 (JST) 戦略的創造研究推進事業 さきがけ「物質と情報の量子協奏」(令和4年度～令和9年度) では、「量子多体系の制御と機能化」、「新現象・新状態の量子デバイス・量子材料応用」の2つの観点から研究が推進 (令和6年度公募終了)。同事業 CREST・さきがけ「量子・古典の異分野融合による共創型フロンティアの開拓」(令和5年度～令和10年度) で

は、様々な分野と協調・融合し、新しい量子デバイスとその制御技術、システム、アプリケーションの実現を目指す研究が推進（令和 7 年度公募終了）。同事業 さきがけ「非連続な技術革新を目指す量子マテリアル研究」（令和 7 年度～令和 12 年度）では、様々な社会課題の解決に貢献する新たな量子機能物質・材料を創出・制御する研究が推進。

内閣府 ムーンショット型研究開発制度のムーンショット目標 6(令和 2 年度～令和 11 年度)においては、多数の量子コンピュータを量子通信で結合して大規模化する可能性も念頭に置いて誤り耐性汎用量子コンピュータの実現を目指した研究が推進。文部科学省 光・量子飛躍フラッグシッププログラム（Q-LEAP、平成 30 年度～令和 11 年度）では、量子情報処理技術領域において NISQ 量子コンピュータの実現を念頭にハード、ソフト両面から研究が推進されている他、量子計測・センシング領域では量子力学的効果を利用したセンシング技術や、量子生命技術の研究が推進。

（国外動向）

米国では、国家量子イニシアティブ法に基づき、Department of Energy (DOE)、National Science Foundation (NSF)、Department of Defense (DoD) 等が連携して、量子コンピューティング、量子センシング、量子通信を包括的に推進。センシングでは、Quantum Sensing Challenges for Transformational Advances in Quantum Systems により、量子センサを用いた新概念・プラットフォームの実証と、実際の応用分野での優位性の実証を目指されている他、Quantum Sensing in Biomedical Applications により生体計測・診断向けの量子センシング技術を対象に、研究～臨床応用の橋渡しを支援。

欧州では、Quantum Flagship、Horizon Europe、EuroHPC、EuroQCI など、複数のプログラムで量子技術研究を推進。EuroQCI では、EU 加盟 27 か国と欧州宇宙機関が参加して欧州全土にわたる量子通信ネットワークの構築を目指しており、英国でも Space Photon Entanglement Quantum Technology Readiness Experiment にて宇宙空間を利用した量子鍵配送（QKD）の高度化を目指している。

中国では、科学技術省主導で統合量子通信ネットワークの整備が進められている。地上の 700 本以上の光ファイバと 2 つの衛星リンクを組み合わせ、国家・地方銀行、電力網、電子政府プラットフォームなど 150 以上の産業ユーザーが利用する総延長 4,600 km の量子鍵配送（QKD）ネットワークが構築されている。

6-2. 検討の経緯

「戦略目標の策定の指針」（令和元年 7 月科学技術・学術審議会基礎研究振興部会決定）に基づき、以下のとおり検討を行った。

1. 我が国あるいは世界の基礎研究を始めとした研究動向について、科学計量学的手法を用いた論文分析や科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター（GRDS）の有する知見、科学

技術・学術政策研究所（NISTEP）の各種調査結果、JST の有する過去の研究領域の評価結果や事業運営から得られた知見等を収集・蓄積し、研究動向を俯瞰した。

2. 上記情報収集の結果及び有識者インタビュー等を参考にして分析を進めた結果、量子技術が社会に深く取り込まれた未来社会に必要とされる技術水準には依然として大きな隔たりがあり、既存の学理を基盤とした漸進的な技術成熟だけではこの隔たりを埋めることは難しく、現行の重点技術分野の再構築を含む抜本的な研究開発の強化が重要であるとの認識を得て、注目すべき研究動向「基礎量子科学技術研究がドライブする量子未踏領域の開拓」を特定した。
3. 令和7年11月に、文部科学省とJSTは共催で、注目すべき研究動向「基礎量子科学技術研究がドライブする量子未踏領域の開拓」に関係する産学の有識者が一堂に会するワークショップを開催し、量子未踏領域の定義や、取り組むべき基礎量子科学テーマ等について議論を行い、ワークショップにおける議論や有識者へのインタビュー等を踏まえ、本戦略目標を作成した。

6-3. 閣議決定文書等における関係記載

「第6期科学技術・イノベーション基本計画」（令和3年3月26日閣議決定）

第2章 Society 5.0の実現に向けた科学技術・イノベーション政策

1. 国民の安全と安心を確保する持続可能で強靱な社会への変革

(1) サイバー空間とフィジカル空間の融合による新たな価値の創出

(c) 具体的な取組

④ デジタル社会に対応した次世代インフラやデータ・AI 利活用技術の整備・研究開発

- 国土全体に網の目のように張り巡らされた、省電力、高信頼、低遅延などの面でデータやAIの活用に適した次世代社会インフラを実現する。このため、5G/光ファイバの整備を進め、5Gについては、2023年度末には98%の地域をカバーし、光ファイバについては、2021年度末には未整備世帯数が約17万世帯に減少すると見込まれる。さらに、宇宙システム（測位・通信・観測等）、地理空間（G空間）情報、SINET、HPC（High-Performance Computing）を含む次世代コンピューティング技術のソフト・ハード面での開発・整備、量子技術、半導体、ポスト5GやBeyond 5Gの研究開発に取り組む。

第3章 科学技術・イノベーション政策の推進体制の強化

2. 官民連携による分野別戦略の推進

③量子技術

量子技術は、我が国及び世界の社会、経済、産業、安全保障に大きな変革をもたらす可能

性を秘めた革新的な技術である。近年、欧米や中国をはじめとする諸外国では、各国が巨額の投資と大型の研究開発に取り組むなど、将来の覇権をかけた国家間・企業間競争が激化しており、我が国においても量子技術の研究開発や社会実装に向けた戦略的な取組が求められている。

このため、第6期基本計画期間中は、「量子技術イノベーション戦略」に基づき、量子コンピュータ、量子計測・センシング、量子通信・暗号等をはじめとする主要技術に関する研究開発の抜本的強化、量子技術イノベーション拠点の形成、国際協力の促進、戦略的な知的財産マネジメントと国際標準化、優秀な人材の育成に加え、既存技術と組み合わせることによる短中期での実用化も含めた、量子技術の産業・社会での利活用の促進等、基礎基盤的な研究開発から社会実装に至る幅広い取組を、我が国の産学官の総力を結集して協力を推進する。

「量子技術イノベーション戦略」（令和2年1月21日統合イノベーション戦略推進会議決定）

IV. 量子技術イノベーション実現に向けた5つの戦略

1. 技術開発戦略

(1) 主要技術領域

○量子技術の基盤となる技術領域として、以下の4つを「主要技術領域」として設定する。

- ・量子コンピュータ・量子シミュレーション
- ・量子計測・センシング
- ・量子通信・暗号
- ・量子マテリアル（量子物性・材料）

(2) 量子融合イノベーション領域

○生命現象の細胞レベルでの機能解明や医療・健康分野等への固体量子センサの活用など、量子技術と生命・医療等とを融合した「量子生命技術」は、我が国独自の学問的開拓が始まった段階にある。一方、高齢化の進展や健康寿命の延伸、医療費の高騰など、我が国が抱える課題を解決し、健康・長寿社会を実現する上で、極めて大きな波及効果が期待される有望な技術領域である。

7. その他

本戦略目標は、量子技術が社会全体に取り込まれた未来の実現を見据え、有機的かつ多角的なブレイクスルーの創出に向け、量子技術の既存重点技術4領域（量子コンピューティング、量子センシング、量子通信、量子マテリアル）にとらわれない量子未踏領域の開拓を基礎量子科学の深化とともに切り拓くことを目指している。そのためには、量子技術分野の研究者だけでなく、広く関連する分野の研究者が参画、連携した研究推進が必須である。また量子研究分野は

中長期的な研究テーマである。そのため研究代表者が長期的なビジョンを持った量子研究分野の研究者であることが重要であり、その上で共同研究者として異分野連携ができる研究者を加えた体制とすることが望ましい。特に、既存の量子重点技術領域に含まれない量子技術領域の研究に関しては、挑戦的な研究テーマを推奨する。

本戦略目標の実現においては、上記 6.（国内動向）に示した量子技術関係の戦略的創造研究推進事業や、ムーンショット型研究開発制度（ムーンショット目標 6）、光・量子飛躍フラッグシッププログラム（Q-LEAP）等、現行で実施している研究開発事業と密接に連携・情報共有することにより、新たな研究進展や成果創出の加速を促すことが望まれる。